

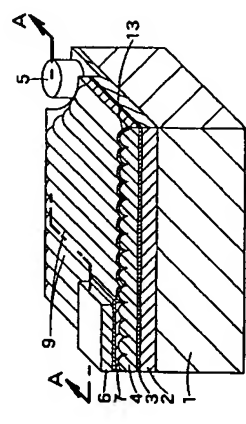
(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-347586
(P2003-347586A)
(43) 公開日 平成15年12月5日 (2003.12.5)

(51) Int. Cl. H 01 L 33/00	識別記号 H 01 L 33/00	F I H 01 L 33/00	チーコート (参考) C 5 F 0 4 1
(21) 出願番号 特開2003-193785 (P2003-193785) (52) 発明の表示 特開平10-368003の分割 (22) 出願日 平成10年12月24日 (1998.12.24)	(71) 出願人 00003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号 (72) 発明者 岡 崎 治 彦 福岡県北九州市小倉北区下町1丁目10番 1号 株式会社東芝北九州工場内 (72) 発明者 新 田 康 一 福岡県北九州市小倉北区下町1丁目10番 1号 株式会社東芝北九州工場内 (74) 代理人 100075812 弁理士 吉武 寛次 (外4名)	審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 10 頁)	最終頁に続く

(54) 発明の名称 半導体発光素子

(57) 【要約】
【課題】動作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えながら、光の取り出し効率が低い半導体発光素子を提供する。
【解決手段】 窒化物半導体発光素子において、発光素子の光取り出し面の表面に、単数または複数のレンズ形状の凸部を形成する。これにより、活性層から放出された光の取り出し効率すなわち、外部量子効率を高くすることができ、また、光取り出し面側のp型GaIn層を、結晶成長後にp型ドーパントを拡散させる方法によって、表面付近のp型ドーパント濃度が低い層になるようにしたので、ドーパント濃度を高めながら表面近接を防止し、動作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光層と、前記発光層上に形成された窒化物半導体層と、前記窒化物半導体層上に形成された透明電極と、を備え、前記透明電極の表面に集光性を有する単数又は複数のレンズ形状の凸部が形成されていることを特徴とする半導体発光素子。
【請求項2】 前記窒化物半導体層の表面に単数又は複数の凸部が形成され、前記透明電極の前記表面の前記凸部の前記形状は、前記窒化物半導体層の前記表面の形状に近似的な形状であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。
【請求項3】 発光層と、前記発光層上に形成された窒化物半導体層と、前記窒化物半導体層上に形成された透明電極と、前記透明電極上に形成された光取り出し層と、を備え、前記光取り出し層の表面に集光性を有する単数又は複数のレンズ形状の凸部が形成されていることを特徴とする半導体発光素子。
【請求項4】 前記透明電極の下の前記窒化物半導体層は、前記透明電極と接する界面において、ドーパントが高い濃度で導入されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の半導体発光素子。
【請求項5】 前記透明電極は、前記窒化物半導体層と接して設けられた100nm以下の厚度の金属からなる層を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の半導体発光素子。
【請求項6】 前記透明電極または前記光取り出し層の表面に形成された前記凸部が、シリンドリカル・レンズあるいはロッドレンズとして作用することを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の半導体発光素子。
【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体発光素子に関する。より詳しくは、本発明は、GaIn、InGa、N、GaAlNなどの窒化物半導体層が覆われた発光素子であって、高輝度化、信頼性の向上などが寄与する半導体発光素子に関する。
【0002】
【従来の技術】 窒化ガリウムに代表される窒化物半導体層を用いることにより、紫外光から青色、緑色の波長帯の発光素子が実用化されつつある。
【0003】 ここで、本願において「窒化物半導体」とは、B、In、Al、Ga (1-x-y-z) N (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ z ≤ 1) なる組成式で表されるI-III族化合物半導体を含み、さらに、V族元素としてNに加えてリン(P)や砒素(As)などを含有する

る組成物を含むものとする。
【0004】 窒化物半導体を用いた発光ダイオード(LED)や半導体レーザーなどの発光素子を形成することにより、これまで困難であった発光強度の高い紫外光、青色光、緑色光等の発光が可能となりつつある。また、窒化物半導体は、結晶成長温度が高く、高温下でも安定した材料であるので電子デバイスへの応用も期待されている。
【0005】 以下、窒化物半導体を用いた半導体発光素子の一例としてLEDを例に挙げて説明する。図10は、従来の窒化物半導体LEDの断面構造を表す概略図である。すなわち、従来のLEDは、サファイア基板101の上にGaInバッファ層 (図示せず)、n型GaIn層102、InGaIn発光層103、p型GaIn層104が順次エピタキシャル成長された構成を有する。また、InGaIn発光層103およびp型GaIn層104の一部がエッチング除去されて、n型GaIn層102が露出されている。p型GaIn層103上にはp側透明電極113が形成され、その一部に電流阻止用の絶縁膜107とp側ボンディング電極106が積層されている。また、n型GaIn層102の上にはn側電極105が形成されている。
【0006】 このような構造においては、p側電極106を介して注入された電流は、導電性の良い透明電極113で広げられ、p型GaIn層103からn型GaIn層102に電流が注入されて発光し、その光は透明電極113を透過してチップ外に取り出される。
【0007】
【発明が解決しようとする課題】 ところが、図10に例示したような従来の窒化物半導体発光素子は、光の取り出し効率が悪いという問題を有していた。
【0008】 すなわち、GaInの屈折率は2.67と大きいために、臨界面角が21.9度と極めて小さい。つまり、光出射面の法線からみて、この臨界面角より大きい角度で入射した光は、LEDチップの外に取り出せない。チップの表面にAR (anti-reflection : 反射防止) 膜を形成しても、この臨界面角は変わらない。このために、外部量子効率を改善してより大きな発光パワーを得ることが困難であった。
【0009】 ここで、光取り出し面であるp型GaIn層の表面を凹凸形状に加工すれば、この問題を改善することができ、しかし、凹凸形状を形成するためにはp型GaIn層はある程度の厚さが必要となる。そして、電極との接合抵抗を少しでも低減するために高温での不純物をドーピングしつつ、厚いp型GaIn層を形成しようとする。結晶表面の面荒れが発生し、電極間隔が短縮しやすくなり、歩留まりが低下するという問題が生じる。
【0010】 また、GaInのバンドギャップは3.4eVと広いために、電極とオーミック接触をさせることが

層5aとAu層5bを蒸着し、リフトオフによりパターンニングして、800℃で20秒間程度フラッシュアニールを施すことにより、n型電層5を形成する。

【0034】次に、図3(d)に表したように、p側電層13を形成する。具体的には、p型GaIn層4の表面のSiO₂膜7をPEP法によりパターンニングして部分的に除去する。そして、凹凹加工されたp型GaIn層4の上に、透明金電層として真空蒸着法により厚さ5nmのNi(ニッケル)層13aを堆積し、さらに、スパッタ法によりITO(indium tin oxide)透明電層13bを形成する。なお、Ni(ニッケル)層13aの代わりに、Pt(白金)層を用いても良い。このように、ITO層13bの下にNiやPtなどの金属層13aを設けるとITO層の付着強度を改善し、さらに接触抵抗も低下させることができる。

【0035】さらに、金(Au)などを堆積しPEP法によってパターンニングすることによって、ITO透明電層13と接続されたボンディングパッド6を形成する。

【0036】ここで、p型GaIn層4の表面に残されたSiO₂膜7は、ボンディングパッド6の下層での発光を防いで、発光効率を改善する役割を有する。なお、n型GaIn層2を部分的に露出させた後に形成したSiO₂膜7は、図3(c)及び(d)に表したように、発光層3の側面が露出しているメサ側面にも形成されており、また、n側電層部分と透明電層とp側電層の重なり部分を除くp側電層の周囲にも形成されている。

【0037】図4は、このようにして得られた半導体発光素子の特性を表すグラフ図である。すなわち、図4(a)は電流-電圧特性、図4(b)は電流-光パワー特性をそれぞれ表す。また、これらの特性図において、図10に表した従来の半導体発光素子の特性も併せて示した。

【0038】図4(a)の電流-電圧特性をみると、従来の素子の場合には、3ボルトにおいて動作電流は約1ミリアンペアであり、電圧を増加に伴う電流の立ち上がりは緩慢である。これに対して、本発明の素子の場合には、3ボルトにおいて5ミリアンペアが得られ、電圧の増加に伴って電流は急激に立ち上がっている。本発明の素子は、電流値が3.2ミリアンペアの時の電圧が約3.2ボルトと低く、従来の素子と比較して動作電圧を10%以上低下させることができる。

【0039】一方、図4(b)の発光特性をみると、本発明の素子は、従来の素子に比べて光出力が増していることが分かる。例えば、動作電流20ミリアンペアにおける光出力をみると、従来の素子では0.45ミリワットであるのに対して、本発明の素子では0.95ミリワットが得られている。このように、本発明により、光取り出し面に凹凸を設けることによって光の取り出し効率が向上し、従来の2倍以上の光出力力が得られた。

たものと同様に、活性層3から放出された光を外部に取り出すことのできる確率、すなわち外部量子効率を大幅に改善することができる。

【0051】さらに、本変形例によれば、図2(c)に示して前述したようなレジストパターンを軟化工程が必要であり、製造が容易であるという利点も有する。

【0052】次に、本発明の第3の変形例について説明する。

【0053】図7は、本発明の第3の変形例を表す概念斜視図である。同図においては、図1乃至図3に示して前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。本変形例においては、p型GaIn層4の表面に、単一の半球レンズ状の凸状部12が形成されている。このようにしても、光の取り出し効率が向上し、外部量子効率を改善することができる。

【0054】本変形例の凹凸形状も、図2に示して前述したプロセスと同様に形成することができる。すなわち、p型GaIn層4の上にレジストを円形のパターンで厚く形成し、加熱軟化させることによって単一の半球形状の形状に成形し、エッチングすることにより図7に表したようなレンズ形状を形成することができる。

【0055】本変形例においても、図1に示して前述したものと同様、活性層3から放出された光を外部に取り出すことのできる確率、すなわち外部量子効率を大幅に改善することができる。

【0056】さらに、本変形例によれば、p型GaIn層4の表面の凸部を単一のレンズ状としたことにより、高い集光効果が得られ、ファイバなどへの結合効率を改善することができる。

【0057】次に、本発明の第4の変形例について説明する。

【0058】図8は、本発明の第4の変形例を表す概念斜視図である。同図においては、図1乃至図3に示して前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。本変形例においては、p型GaIn層4の表面は平面であり、その上に堆積されたp側透明電層13の表面が凹状に加工されている。このようにしても、光の取り出し効率を改善することができる。

【0059】すなわち、透明電層13として多用されるITOの屈折率は、約2.0であり、p型GaIn層4の屈折率2.67に対して近い。従って、p型GaIn層4と透明電層13との間では、全反射は殆ど生じることがなく、光は通り抜けることができる。そして、透明電層13に凹状に加工されている。図1に示して前述した場合と同様にその凹凹面において境界角より小さい法線角度で入射する確率が高くなり、その結果として、光の取り出し効率を改善することができる。

【0060】さらに、本変形例によれば、p型GaIn層4の表面を加工する必要がないため、加工に伴って生じる損傷を解消することができる。例えば、p型GaIn層4の表面を凹凸状に加工するために過度のアbras

N層4の表面を凹凸状に加工するために過度のアbrasや荷電粒子に曝すと、p型GaIn層4の表面が変質し、p側電層とのオーミック接触が劣化するなどの問題が生ずることもある。これに対して、本変形例によれば、p型GaIn層4の表面を加工する必要がないので、オーミック接触を維持することが容易となる。

【0061】また、本変形例においては、p型GaIn層4の表面に凹凸を形成する必要がないので、p型GaIn層4をそれ程厚く成長する必要がない。

【0062】透明電層13の表面に設ける凹凸のパターンは、図示したものに限定されず、図1〜図3に示したようなパターンも同様に応用することができる。また、そのパターン方法は、活性層3から放出される光の波長よりも大きくすることが望ましい。すなわち、図示した例においては、凹凸のストライプの幅や高さを500ナノメートル程度よりも大きくすることが望ましい。

【0063】一方で、ITOなどの透明電層は、散逸ミクロン程度まで厚く堆積することが困難であるので、凹凸のストライプの幅や高さを1ミクロン以下に形成する必要がある場合もある。このような微細なパターンを形成する方法としては、例えば、「干渉露光法」がある。これは、光半導体素子の回路パターン(グレーティング)を形成する際に用いられる方法であり、波長が異なる2つのレーザ光を合成し、ハーフミラーを介して2光束に分割し、それぞれの光を対称に位置にある金反射層によって反射させて対称物に入射させることにより、「干渉縞」を生じさせる方法である。このようにして得られた干渉縞により、レジストを露光することにより、微細なストライプ状パターンを形成することができる。

【0064】レーザ光としては、例えば、He-Cdレーザ(波長:325ナノメートル)とArレーザ(波長:351ナノメートル)を用いることができる。

【0065】また、このような微細パターンを形成する方法として、「電子ビーム露光法」も挙げることができる。これは、電子線に対して感光性を有する材料をマスクとして用い、電子ビームを走査することにより、所定のパターンを形成する方法である。

【0066】次に、本発明の第5の変形例について説明する。

【0067】図9は、本発明の第5の変形例を表す概念斜視図である。同図においては、図1乃至図3に示して前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。本変形例においては、p側透明電層4の表面は平面であり、その上には、p側透明電層13が堆積され、さらにその上に透光性を有する光取り出し層20が設けられている。そして、光取り出し層20の表面が凹状に加工されている。このようにしても、光の取り出し効率を改善することができる。また、本変形例においても、p型GaIn層4の表面に凹凸を形成する必要がないので、加工に伴う損傷を防ぎ、p型GaIn層4の表面を凹凸状に加工するために過度のアbras

層4をそれ程厚く成長する必要はない。なお、本変形例の場合には、透光性電極層13とボンディング電極6とを接続させて導通を確保する。

【0068】透光性電極層13や光取り出し層200の材料としては、活性層3から放出される光に対して透光性を有し、且つp型GaN層4と近い屈折率を有することが望ましい。つまり、これらの層の屈折率がp型GaN層4と近ければ、層間で光の全反射を低減し、光の取り出し効率を高くすることができる。また、光取り出し層200の材料として、導電性を有するものを用いれば、電流を拡げることができる点でさらに良い。

【0069】透光性電極層13の材料としては、例えば、ITOを挙げることができる。また、光取り出し層200の材料としては、例えば、GaNと屈折率が近い樹脂などの有機材料や、無機材料を用いることができる。樹脂材料を用いる場合には、厚く形成することができるので、大きな凹凸も容易に形成することができ、凹凸の形状や大きさを任意に選択することが可能となる。樹脂材料としては、具体的には例えば、ポリカーボネイトを挙げることができる。すなわち、ポリカーボネイトの屈折率は約1.6程度で、GaNと比較的に近い屈折率を有する。

【0070】また、光取り出し層200の材料としては、窒化シリコン(Si₃N₄)を挙げることができる。すなわち、窒化シリコンの屈折率は、約2.0であり、GaNの屈折率に近いから、活性層3から放出された光が層間において全反射されることを防止することができる。また、その他にも、例えば、In_{0.5}O₃ (屈折率は約2.0)、Nd₂O₃ (屈折率は約2.0)、ZrO₂ (屈折率は約2.04)、CeO₂ (屈折率は約2.2)、TiO₂ (屈折率は約2.2~2.7)、ZnS (屈折率は約2.35)、Bi₂O₃ (屈折率は約2.45)などを、用いても同様に良好な結果を得ることができる。さらに、光取り出し層200の材料としては、導電性を有する金属化合物を用いても良い。

【0071】以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、GaN層の表面に設ける凹凸形状は、種々の形状が考えられ、規則的あるいは不規則的な凹凸形状であっても同様の作用効果を得ることができる。

【0072】また、発光素子の構造は、当業者が適宜変更して同様に実施することができる。すなわち、必要に応じて、素子の積層構造や材料の組成を最適化することができる。例えば、活性層を多量量子井戸型の構造としたら、活性層の上下にクラッド層を設けたりしても良い。【0073】また、基板として用いるものはサファイアに限定されず、その他にも、例えば、スピンネル、MgO、ScaIMgO₂、LaSrGaO₃、(LaS

r)(AlTa)O₃などの絶縁性基板や、SiC、Si、GaAs、GaNなどの導電性基板も同様に用いて、それぞれの効果を得ることができる。ここで、ScaIMgO₂基板の場合には、(0001)面、(LaS r)(AlTa)O₃基板の場合には、(111)面を用いることが望ましい。特に、GaNについては、例えば、サファイア基板の上にハイドライド気相成長法などにより厚く成長したGaN層をサファイア基板から剥離してGaN基板として用いることができる。【0074】また、GaNのような導電性の基板を用いた場合には、発光素子のn側電極を基板の裏面側に設けることもできる。

【0075】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に説明する効果を奏する。

【0076】まず、本発明によれば、半導体発光素子において、光の取り出し面にレンズ状の凸部を形成することにより、活性層から放出された光の取り出し効率すなわち、外部量子効率を大幅に改善することができる。【0077】また、本発明によれば、p型GaN層の表面付近にマグネシウム(Mg)などのp型ドーパントを高速度で含有させ、p側電極とのオーミック接合を確保したので、凸部を形成しても、動作電圧が上昇した。発熱が増加したり、信頼性が低下したりすることはほとんどない。

【0078】また、本発明によれば、マグネシウムなどの金属層を設けてp型ドーパントを拡散により高速度にドーピングすることによって、p型GaN層4の「面荒れ」を回避することもできる。すなわち、p型GaN層の表面に凹凸を設ける(凸部を形成する)ためには、GaN層をある程度厚く形成する必要があり、p型ドーパントを高速度でドーピングしてGaN層を厚く成長すると「面荒れ」が発生するという問題がある。これに対して、本発明によれば、成長後にマグネシウムを導入するので、p型GaN層の成長に際しては、ドーピング濃度をさほど高くする必要がない。従って、p型GaN層4を厚く成長しても、この層4の「面荒れ」を招くことはない。このため、凹凸を設けても、電極割れ等の具合は生じにくく、歩留まりの低下もほとんどない。【0079】以上詳述したように、本発明によれば、動作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えながら、外部量子効率の高い半導体発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体発光素子を表す概念斜視図である。

【図2】本発明の発光素子の製造方法を表す概略図である。

【図3】本発明の発光素子の製造方法を表す概略図である。

【図4】本発明の半導体発光素子の特性を表すグラフ図

である。すなわち、図(a)は電流-電圧特性、図(b)は電流-光パワー特性をそれぞれ表す。

【図5】本発明の第1の変形例を表す概念斜視図である。

【図6】本発明の第2の変形例を表す概念斜視図である。

【図7】本発明の第3の変形例を表す概念斜視図である。

【図8】本発明の第4の変形例を表す概念斜視図である。

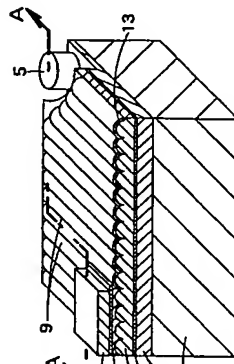
【図9】本発明の第5の変形例を表す概念斜視図である。

【図10】従来の窒化物系半導体LEDの断面構造を表す概念図である。

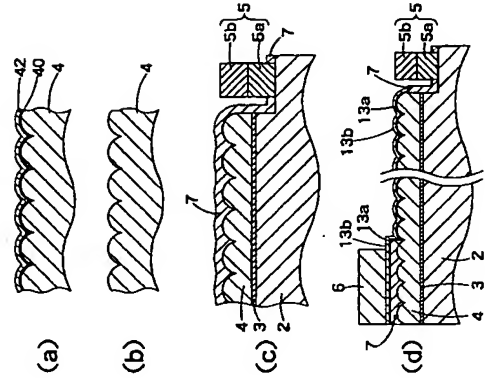
【符号の説明】

- 1, 101 サファイア基板
- 2, 102 n型GaN層
- 3, 103 InGaN発光層
- 4, 104 p型GaN層
- 5, 105 n側電極
- 6, 106 ボンディング・パッド
- 7, 107 電流阻止層
- 9 シリンドリカルレンズ
- 10 半球レンズ
- 11 メサストライフ
- 12 半球レンズ
- 13, 113 p側透光性電極
- 20 光取り出し層
- 40 マグネシウム層
- 42 金層

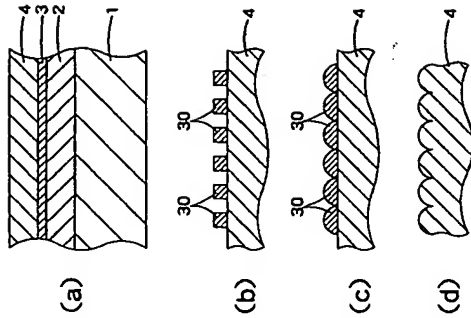
【図1】



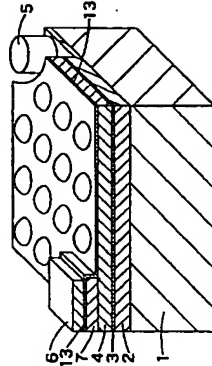
【図3】



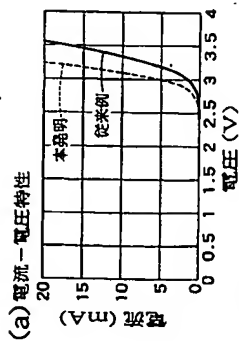
【図2】



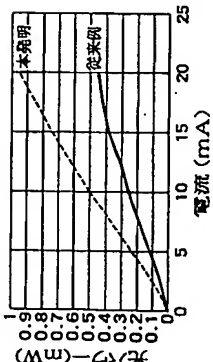
【図5】



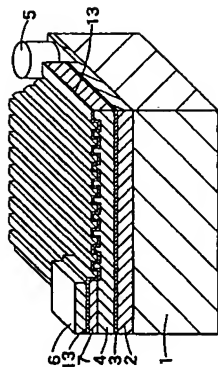
【図4】



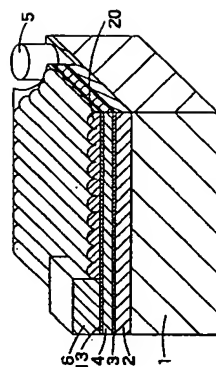
(b) 電流-光パワー特性



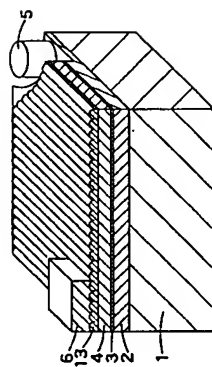
【図6】



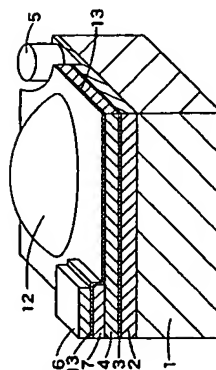
【図9】



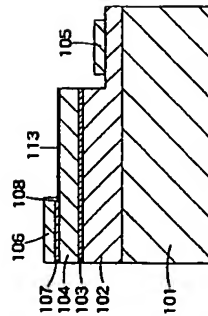
【図8】



【図7】



【図10】



フロントページの続き

(72) 発明者 野崎千晴
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA34 CA40 CA46
CA49 CA57 CA64 CA74 CA83
CA88 CA99 EE17